



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA, 1948

**Facultad Ciencias Agropecuarias
Departamento de Agronomía**

Trabajo de Diploma

**Evaluación y selección de
germoplasma de yuca (*Manihot
esculenta* Crantz) para el
deterioro fisiológico postcosecha**

Autor: Keiser Rojas Area

**Tutores: MsC. Marilys Milián Jiménez
Dr. Sergio Rodríguez Morales**

Curso: 2007-2008

RESUMEN

En el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como en otras especies vegetales, la caracterización, evaluación y la utilización organizada de los recursos genéticos disponibles y poco estudiado hasta el presente, pueden elevar el potencial muy por encima de los países en desarrollo. En contribución al logro de este objetivo, en el presente trabajo se determinó el contenido de materia seca de las raíces y se evaluó deterioro fisiológico poscosecha con tocón y sin tocón y se determinó la relación de ambos caracteres incluyendo las dos variantes de deterioro. Los resultados mostraron que el tiempo que demoran la mayoría de las accesiones de la colección de yuca en deteriorarse fisiológicamente supera los 20 días y que existen en la colección cubana de yuca estudiada potencial genético de un alto contenido de materia seca (> 30%). El contenido de materia seca (%) y el deterioro fisiológico (días) en las 511 accesiones de yuca evaluadas no muestran correlación, aunque si se observa una tendencia a aumentar los días sin deteriorarse cuando disminuye el contenido de materia seca (%), lo que facilita el mejoramiento de ambos caracteres simultáneamente. Los clones cosechados y evaluados con el tocón demoran más en deteriorarse ($x = 20,79$ días) que sin tocón ($x = 17,22$ días). Existen accesiones (Señora Lugo y África negra) que tienen un alto contenido de materia seca (>42%) y que además, demoran más de 20 días en deteriorarse fisiológicamente después de ser cosechadas, lo que representa un importante aporte al mejoramiento de la yuca en Cuba y a la disponibilidad de genotipos útiles para la producción comercial.

I. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo nativo perenne de América tropical (Allen, 1994; Olsen *et al.*, 2001) y uno de los cultivos más importantes que produce calorías en los trópicos (Kawano *et al.*, 1998). Cerca de 70 millones de personas obtienen más de 500 Kilocalorías por día de las raíces de yuca y más de 500 millones de personas consumen 100 kilocalorías por día (Cock, 1985; Kawano *et al.*, 1998, Kawano, 2003).

Actualmente, la yuca es un cultivo muy importante en regiones tropicales del mundo (latitudes menores a los 30°), que van desde el nivel del mar hasta 1800 msnm. Si bien el principal producto económico son sus raíces, las hojas de la yuca tienen también un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y Asia. La misma resulta el cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz y es un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de personas (FAO/FIDA, 2000).

Por otra parte, el tema de los recursos genéticos de las plantas cultivadas y en particular de la yuca, ha cobrado actualidad, pues la situación en las áreas donde existe la variabilidad genética se ha modificado substancialmente en los últimos años. La caracterización y evaluación de estos recursos fitogenéticos, está considerada entre las líneas de investigación estratégicas a nivel mundial, debido a que es un factor decisivo en la solución de los problemas actuales y futuros relacionados con la productividad de los cultivos comerciales, la adaptación a los cambios climáticos y el desarrollo de nuevas alternativas en los programas alimentarios y de fitomejoramiento (Milián *et al.*, 2006).

En Cuba la yuca se ha cultivado a través de los años formando parte de surtido de raíces, rizomas y tubérculos que los cubanos incluyen entre las "viandas", cuya tradición de consumo se remonta a épocas anteriores a la conquista de los españoles y se conserva aquí una de las colecciones de germoplasma más importantes de este cultivo de América y del mundo, donde se pueden encontrar ejemplares únicos muy valiosos. Su amplia distribución, debido a su notable adaptabilidad a las diferentes condiciones climáticas, hace que esta raíz reservante ocupa un lugar destacado, fundamentalmente en la alimentación humana, y animal y como fuente de materia prima para la industria.

Este cultivo, aún presentando numerosas ventajas como tolerancia a la sequía, capacidad de producir en suelos degradados, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a suelos ácidos, así como flexibilidad en cuanto al momento de plantación y cosecha (Ospina y Ceballos, 2002) y teniendo las mejores condiciones, en cualquier región, el transporte de sus raíces frescas desde el campo hasta el consumidor está lleno de riesgos (Cock, 1984) lo que ha afectado seriamente el crecimiento del mercado de yuca fresca en las áreas urbanas pues,

por lo general, el transporte desde las zonas de producción cercanas toma uno o más preciosos días, sin contar las demoras que sufre la yuca durante el mercadeo urbano (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Uno de los problemas más importantes tanto para los agricultores como para procesadores es su rápido deterioro fisiológico poscosecha, el cual puede disminuir su palatabilidad y valor comercial después de 24-72 horas de haber sido cosechadas, debido a cambios fisiológicos, bioquímicos y de ultra estructura en la raíz (Wheatley, *et al.*, 1985). Se inicia la sección transversal de la raíz, con decoloración negro-azulosa en el tejido vascular, seguida por una decoloración acastañada de los tejidos parenquimáticos y una fuerte fluorescencia azul bajo luz ultra-violeta (Esteveao, 2007).

En la colección cubana de germoplasma de yuca que se conserva en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) se han investigado aspectos relacionados con este cultivo desde la década del 60, se dispone de información sobre las accesiones que conforman dicha colección y se realizan investigaciones para recomendar clones al programa de mejoramiento del cultivo en cuanto a caracteres como el deterioro fisiológico poscosecha y el contenido de materia seca en las raíces

Para desarrollar el presente trabajo se plantea la siguiente hipótesis:

La evaluación del deterioro fisiológico poscosecha (DFP) después de la cosecha de las accesiones de la colección de germoplasma de yuca permitirá estudiar y analizar este carácter en la colección.

Este estudio se realiza con el objetivo principal de evaluar 511 clones de yuca pertenecientes al banco de germoplasma del INIVIT en cuanto al deterioro fisiológico o primario producido posterior a la cosecha. Como objetivos específicos se pretende evaluar el deterioro fisiológico de los individuos que forman parte de la colección, determinar el contenido de materia seca (%) de todos los clones y valorar la existencia de genotipos con potencialidades de un mayor tiempo para deteriorarse (días) y un alto contenido de materia seca, simultáneamente.

II. Revisión Bibliográfica.

II.1. Características botánicas de la yuca.

La yuca, mandioca, manioc, ñame, cassava o tapioca (*Manihot esculenta* Crantz), perteneciente a la familia de las *Euphorbiaceae*. Esta familia está constituida por unas 7200 especies que se caracterizan por el desarrollo de vasos laticíferos compuestos por células secretoras o galactositos que producen una secreción lechosa (López *et al.*, 1995; Aristizábal y Sánchez, 2007).

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Crantz en 1766. Posteriormente, fue reclasificada por Pohl 1827 y Pax en 1910 en dos especies diferentes: yuca amarga *Manihot utilisima* y yuca dulce *M. aipi*. Sin embargo, Cifferri (1938) reconoció prioridad en el trabajo de Crantz en el que se propone el nombre utilizado actualmente.

Según Flores *et al.*, (2004) la yuca *M. esculenta* Crantz pertenece a la División *Magnoliophyta*, Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Rosidae*, del Orden *Euphorbiales*, Familia *EUPHORBIACEAE*.

Es un arbusto de 2 a 3 m de altura, con tallo arborescente, nudoso, hueco, de color verde, de inflorescencias paniculadas y con hojas anchas y palmeadas que tienen de 3 a 7 lóbulos. Las raíces, la parte comestible de la planta (en algunas regiones se consumen también las hojas), irradian desde el tallo hasta la parte interna del suelo. Su número por planta difiere de acuerdo con la variedad, de las muchas existentes, o de las condiciones agroecológicas del lugar de cultivo. Por lo general, el peso de las raíces es de 3 a 7 Kg. por planta (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Es una planta semileñosa perenne, de primavera-verano, cuyo ciclo vegetativo oscila de ocho a doce meses si la cultivamos como producto alimenticio y para uso industrial de dieciséis a veinticuatro meses (López *et al.*, 1995).

López *et al.*, (1995) definen además que tiene por fruto una cápsula drupácea, trilocular, provista de seis alas en la maduración, que se forma a los 90 o 120 días de la floración; es de color verde, verde claro, verde mate, o morado cuando pequeño. En el fruto se observan una serie de tejidos muy bien diferenciados (epicarpio, mesocarpio y endocarpio). El endocarpio es de consistencia leñosa y se abre bruscamente cuando el fruto está maduro y seco para liberar y dispersar las semillas.

La semilla tiene forma elipsoidal, testa dura, superficie lisa y brillante, generalmente presenta un jaspeado de manchas negras o pardas sobre fondo gris o de manchas de color pardo oscuro sobre fondo pardo claro. Su endospermo es abundante. El color definido o nítido de las máculas de la semilla y su brillantez son características morfológicas que deben tenerse en presente al seleccionar semillas para la siembra, ya que debido al modo de reproducción sexual de la planta, generalmente los de manchas definidas y brillantes son los que germinan mejor (López *et al.*, 1995).

II.2. Ecología

López *et al.*, (1995) y Rodríguez *et al.*, (2004) consideran que la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo puede fluctuar entre 20 y 32 °C sin inconvenientes notables para el cultivo. Aunque las temperaturas nocturnas entre 20 y 24 °C favorecen la tuberización, las mismas no deben ser inferiores a los 15 °C durante los primeros seis meses después de la plantación, pues esto afecta al desarrollo vegetativo de la planta.

Las bajas temperaturas retardan la brotación de las yemas en la estaca de la yuca. Cuando la temperatura del suelo es de 18 a 20 °C y la yuca se cubre con solo 10 cm. de la tierra, la brotación demora de 10 a 15 días, en comparación con lo que tarda la brotación cuando existen temperaturas de 24 a 26 °C, independientemente del clon de que se trate. Se ha comprobado que el metabolismo de las yemas es más lento de 18 a 20 °C que de 24 a 26 °C.

En la etapa del desarrollo vegetativo correspondiente a la maduración de raíces tuberosas (etapa en la que ocurre la máxima acumulación de reservas en la raíz tuberosa), la yuca resulta afectada por las bajas temperaturas (inferiores a 20 °C); las hojas son muy susceptibles, se caen fácilmente y la planta comienza el período de reposo y no reinicia su actividad vegetativa hasta que se eleven las temperaturas por encima de los 20 °C.

Los rendimientos de este cultivo dependen directamente del factor luz, el cual interviene en la elaboración de almidón. En las regiones húmedas y, por lo tanto con una nubosidad elevada, la intensidad luminosa es relativamente menos fuerte que en las regiones con diferenciación estacional marcada, en las cuales durante los meses de la estación de seca la nubosidad es mucho menor, y las lluvias son menos frecuentes.

Algunas condiciones ambientales tales como la temperatura y la humedad relativa traen afectaciones fisiológicas en las raíces de la yuca, especialmente con la presencia de daños mecánicos (Ceñóz *et al.*, 2001).

Ceñóz *et al.*, 2001 considera que raíces de yuca con daños mecánicos mantenidas en un ambiente de baja humedad (65-80%) se deteriora más rápidamente que las mantenidas en un ambiente saturado de humedad (100% humedad relativa).

El período más favorable para la yuca es el comprendido desde la formación del tubérculo hasta el máximo desarrollo vegetativo (segundo período).

El tallo de la yuca es poco resistente al viento cuando las plantas han florecido y tienen una edad de 4 a 6 meses. El efecto del viento es más notable cuando se presenta acompañado por lluvias que tienden a causar el acamado (inclinación) de las plantas en algunos clones, fundamentalmente en los ramificados.

Los suelos más apropiados para el cultivo de la yuca son los fértiles y profundos, con más de 20 cm de capa vegetal, con un buen drenaje exterior e interior y con ausencia de elementos tóxicos para la planta.

II.3. Origen y difusión

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene, probablemente, dos áreas de origen, ambas en América: en la parte norte de América del Sur y en la amplia región comprendida entre México y América Central. La historia más remota registrada de la planta comienza hace unos 2.700 años a.C. en Venezuela, o hace unos 1.200 años a.C. en los “hornos” de casabe de Colombia (Sylvestre y Arraudeau, 1983; Edoumba, 1996). Sanoja (1981) sostiene que el cultivo y/o el consumo de yuca dulce pudieron haberse practicado en muchas partes de América tropical antes del primer milenio a.C. y que, además, su cultivo fue primero que el cultivo del maíz en muchos lugares del norte de América del Sur. Renvoize (1973), por su parte, sugiere que la variedad dulce de la yuca pudo haberse difundido dentro de un complejo de plantas dominado por el maíz, en tanto que la variedad amarga constituyó siempre un elemento dominante dentro de los sistemas agrarios de los cuales formaba parte. León (1968) señala que las variedades dulces y amargas de la yuca conocieron historias separadas: las dulces, concentradas en la región que va desde la vertiente del Pacífico a México y al norte de la América Central; y las amargas, concentradas en una zona que va desde Paraguay

hasta el noreste del Brasil, que se amplió luego al otro lado de los Andes. Otros autores, como Rouse y Cruxent (1963) y Sanoja (1982) coinciden en afirmar que las variedades amargas fueron cultivadas primero en el norte de América del Sur siendo extendidas desde allí a las Islas del Caribe.

Extendido su cultivo en América del Sur y Central, comenzó su largo periplo hacia el continente africano llevado por los navegantes y comerciantes portugueses y por distintos misioneros y viajeros. Los portugueses la introdujeron en el delta del río Níger, a través de Warri y Benin (Alagoa, 1970). Barbot (1746) en sus escritos se refiere a las notas de Warri publicadas en 1600 que señalaban lo siguiente: "Arbustos de mañoc, que ellos llaman Mandi-hoka en su lengua, de los cuales hacían cassaba, o farinha de pao, lo que en portugués quiere decir harina de pan, que es el pan que ellos tienen por costumbre comer". En el delta del Níger, al sur de Nigeria, la yuca fue introducida por flotas navales portuguesas (Hall, 1991). Hacia 1611 la encontramos en el Congo (Bahuchet, 1989; Bahuchet, 1990). Desde el Congo, el cultivo de la yuca pasó al oeste y suroeste del África. Después se extendió hacia Zaire y Angola, para continuar su viaje hacia las islas del Océano Índico, la India y otras regiones del Lejano Oriente (Cooke y Coursey, 1981). Nuevas introducciones, ahora en los siglos XVIII, XIX y XX, terminaron de propagarlo por toda África, Asia y las islas del Pacífico (Jones, 1959; Simmonds, 1976; Cartay, Gheri, 1996). En la medida en que se propagaba, se la conocía más como mandioca o manioka, como se la llama en Samoa y en la Polinesia (Zukovskij, 1950; Whistler, 1984; Lovera, 1998).

II.4. Importancia, uso y comercialización

El cultivo de la yuca tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos áridos. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz y es un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de personas. Tanto sus raíces como sus hojas son adecuadas para el consumo humano; las primeras son fuentes de hidratos de carbono y las segundas de proteínas, minerales y vitaminas, particularmente carotenos y vitamina C (Aristizábal y Sánchez, 2007).

En Cuba la yuca se utiliza principalmente para la alimentación humana; sin embargo, en países como México y los EE.UU. más del 95% de la producción se dedica a la

alimentación del ganado (López *et al.*, 1995). En el continente africano, además de su utilización en la alimentación humana, a esta planta se le extraen grandes cantidades de almidón, para la exportación, fundamentalmente para las fábricas textiles y de papel (FAO, 2002; Lovera, 1998; Gómez, 1997).

El almidón de la yuca puede sustituir hasta en un 25% a la harina de trigo en la fabricación del pan. Para la harina de yuca existen grandes perspectivas en las industrias de galletas, cartón y papel hasta el bagazo también es empleado (López *et al.*, 1995).

De la planta de la yuca se consume generalmente la raíz fresca o, convertida en casabe, harina, etc., una vez desintoxicada. No obstante, algunas poblaciones, tanto africanas, (CIAT, 2001; Da Matta, 1988), como americanas, consumen también las hojas.

La elaboración del casabe, consumido generalmente en Venezuela, República Dominicana, Puerto Rico, Haití, Cuba, Santa Lucía, Colombia, Brasil y Surinam, requiere de la puesta en práctica de una tecnología sencilla, con algunas variantes regionales en su aplicación, para eliminar la manihotoxina o jugos amargos tóxicos que contiene la raíz (CIAT, 2001)

II.5. Deterioro poscosecha

Una de las mayores limitaciones para aumentar el consumo de yuca en la alimentación es la dificultad de conservar las raíces después de la cosecha. Las raíces de yuca se deterioran rápidamente, sufriendo dos tipos de deterioro, uno **fisiológico** y otro **microbiano**, volviéndose inaceptable para el consumo humano o para otros usos. El deterioro aumenta los costos y riesgos y causa pérdidas considerables a productores de yuca y a los comerciantes mayoristas y minoristas; esto origina un alto margen de comercialización para compensar el volumen apreciable de raíces que se pierden (Aristzábal y Sánchez, 2007).

El deterioro **fisiológico** necesita oxígeno para su desarrollo e involucra reacciones enzimáticas; se puede evitar impidiendo el acceso de oxígeno a los tejidos parenquimatosos o inhibiendo las reacciones enzimáticas. El deterioro **microbiano** está asociado a la actividad de microorganismos patógenos y es propiciado por

ambientes de humedad relativa y temperaturas altas, especialmente con daños físicos (CIAT, 2001).

El deterioro poscosecha puede ser prevenido con el uso de buenas prácticas de cosecha que eviten los daños ya que las raíces sanas permanecen sin deteriorarse durante un tiempo considerablemente más largo en comparación con las raíces heridas o golpeadas; también es posible usar agentes antimicrobianos inocuos para el hombre y que no dejen residuos en los tejidos del parénquima de la raíz (Aristizábal y Sánchez, 2007).

II.6. Deterioro fisiológico o primario

El **deterioro fisiológico o primario** se inicia durante las primeras 48 horas después de la cosecha y su sintomatología consiste básicamente en una desecación de color blanco a café, que normalmente aparece en forma de anillo en la periferia de la pulpa, la cual se observa en cortes transversales de la raíz (Aristizábal y Sánchez, 2007). Además, se presentan zonas con estrías azul-negras, constituidas por vasos del xilema deteriorado, las cuales se pueden observar fácilmente en cortes longitudinales de raíces afectadas (Aristizábal y Sánchez, 2007). El deterioro fisiológico se inicia rápidamente en las heridas, que casi siempre ocurren en los extremos distal y proximal de la raíz durante la cosecha.

La coloración típica del **deterioro fisiológico** se debe a la presencia de pigmentos de taninos, cuya formación está relacionada con la presencia en los tejidos de un compuesto fenólico llamado escopoletina. Dicho compuesto generalmente no se encuentra en las raíces frescas o, si lo hay, está en muy bajas concentraciones; sin embargo, a pocas horas de la cosecha su concentración aumenta considerablemente (Jennings y Iglesias, 2002). Esta se puede detectar en las raíces antes de que se presenten los síntomas típicos de deterioro exponiendo las raíces a luz ultravioleta; en presencia de esta luz la **escopoletina** emite una fluorescencia de color azul intenso, lo cual indica que el proceso de deterioro a comenzado (Milián, 2000). La aplicación de la **escopoletina** en tejidos frescos induce rápidamente los síntomas de deterioración fisiológica. Las raíces resistentes a la deterioración fisiológica acumulan menos escopoletina que las susceptibles (Milián, 2000).

II.7. Causas del deterioro fisiológico

Los mecanismos responsables de la deteriorización fisiológica de las raíces han sido poco estudiados, pero en los últimos años las investigaciones sobre este tópico han permitido aumentar los conocimientos que sugieren se trata de reacciones bioquímicas bastantes complejas.

Análisis bioquímicos demuestran que después de una herida ocurren muchos cambios en los constituyentes fenólicos de las raíces; las respuestas positivas a las prueba con vanilina, ácido nitroso y reactivos de cloruro de fluroglucinol, hechas sobre la superficie de pedazos de yuca, demuestran igualmente la presencia de fenoles y un material similar a la lignina en las raíces decoloradas (Rickard, 1984).

El rápido deterioro no patológico de las raíces de la yuca después de cosechadas parece ser esencialmente una reacción a las heridas, comparable a la que se observa en órganos de almacenamiento de otras planta. Sin embargo, en el caso de la yuca la respuesta a las heridas no se mantiene localizada en la superficie de las mismas sino que se extiende a toda la raíz, causando decoloración; la humedad a la cual se ha almacenado las raíces afecta considerablemente esa respuesta (CIAT, 2001).

Estudios citológicos y observaciones con el microscopio electrónico han demostrado que los cambios de coloración constituyen una respuesta de los tejidos de la raíz.

Tratamientos aplicados a las raíces después de la cosecha tales como inmersión en agua caliente (Averre, 1967), conservación a bajas temperaturas, almacenamiento en aire con bajo nivel de oxígeno o en un ambiente de gas carbónico (CO₂) (Noon y Booth, 1977) evitan el desarrollo de la deteriorización de las raíces y sugieren la participación de enzimas como las peroxidasas (Czyhrinciw y Jaffe, 1951) en el proceso. La actividad total de las peroxidasas se incrementa después de la iniciación de la deteriorización de las raíces de yuca (Marriott *et al.*, 1980).

Según Marriot *et al.*, (1978), la edad a la cual se cosecha la yuca, aparentemente no incide en el grado de severidad del deterioro vascular. Ensayos realizados en forma preliminar en el Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica, han demostrado lo anterior, ya que el grado de deterioro de yuca cosechada a los ocho meses ha sido similar a la cosechada a los 11 y 12 meses.

II.8. Factores que inciden en el deterioro poscosecha de yuca

II.8.1 Daños mecánicos

El comienzo y la intensidad del deterioro de las raíces están estrechamente relacionados con la presencia de daños mecánicos, los cuales normalmente ocurren en el momento de la cosecha. Por lo general los primeros síntomas de deterioro se presentan debajo de las áreas donde se ha dañado o perdido la cáscara o en los extremos distal o proximal de las raíces, que son las zonas más propensas a sufrir daños físicos. La ocurrencia de daños mecánicos en las raíces es afectada por factores relacionados con las características varietales tales como la forma de las raíces; presencia de pedúnculos largos, adherencia de la cáscara, textura y grado de compactación del suelo y del método de cosecha manual o mecánico.

II.8. 2 Diferencias varietales

Se han determinado diferencias en la susceptibilidad al deterioro fisiológico entre distintas variedades de yuca y a la vez en una misma variedad. Existe una correlación positiva entre el contenido de materia seca de las raíces y el grado de deterioro fisiológico, donde serán más tolerantes las de menor contenido de materia seca y aquellas con alto contenido de caroteno (Aristizábal y Sánchez, 2007).

II.8. 3 Condiciones edafoclimáticas

La susceptibilidad al deterioro de un cultivar es significativamente diferente dependiendo del lugar en el que se cultive. El comportamiento de un mismo cultivar al deterioro puede variar en el transcurso del año en un mismo sitio, posiblemente como consecuencia de los cambios climáticos. Los cultivares más resistentes al deterioro fisiológico de las raíces son aquellos que son más afectados por las condiciones adversas de la zona tales como sequías, enfermedades e insectos. Las plantas que presentan los niveles más altos de defoliación y un bajo contenido de almidón en las raíces son las más resistentes (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Evaluaciones de deterioración poscosecha de varios cultivares de cinco lugares de Colombia con diferentes condiciones edafoclimáticas han demostrado el efecto de estas condiciones sobre la susceptibilidad de la deterioración. El porcentaje de deterioración de cada variedad significativamente diferente en los lugares estudiados. Mientras que en CIAT-Palmira y en Popayán se observó un amplio rango del grado de

deteriorización entre las variedades evaluadas, el nivel de deterioro de cada variedad fue considerablemente menor en la Costa Norte y todas las variedades se comportaron como resistentes al deterioro en Carimagua no variaron los resultados de las evaluaciones a los tres días.

En este estudio se encontró una correlación positiva entre la materia seca de las raíces y la deterioración fisiológica, solamente en CIAT y Popayán, los dos lugares en donde hubo alto grado de deterioración de las raíces. Sin embargo, la correlación no fue significativa en los otros tres lugares en donde el grado de deterioración fue mínimo.

Aunque un determinado cultivar o variedad puede considerarse susceptible o resistente a la deterioración de las raíces en un lugar determinado, su comportamiento puede variar en el transcurso del año posiblemente como consecuencia de los cambios de las condiciones climáticas.

Observaciones realizadas en el transcurso de estos estudios indicaban que las plantas de variedades más afectadas por los llamados factores negativos a la producción tales como ataque de insectos, enfermedades, sequía, etc., presentaban un nivel de defoliación pero eran más resistentes a la deterioración fisiológica de las raíces (Milián, 2000). Estas evidencias indirectas implican que los factores negativos a la producción que durante los períodos previos a la cosecha producen defoliación de las plantas y consecuentemente reducciones de la producción de raíces y del contenido de materia seca de las mismas, inducen por otro lado resistencia a la deterioración fisiológica de las raíces.

II.8. 4 Poda de la parte aérea de la planta

En muchas zonas productoras de yuca de América Latina las raíces de yuca se suelen vender en los mercados adheridas aún a la parte inferior del tallo de las plantas como una práctica que ayuda a conservar las raíces por más tiempo. Ensayos realizados en el CIAT han demostrado que la poda de la parte aérea de la planta antes de la cosecha reduce el nivel de deterioración fisiológico después de la cosecha. Cuando el período entre la poda y la cosecha fue de una o dos semanas, las raíces cosechadas y mantenidas adheridas al tallo se deterioraron menos que las raíces sueltas, pero cuando el período fue de tres semanas las raíces mantenidas en una u otra forma fueron muy resistentes a la deterioración. Estos cambios se observaron en

cinco variedades y la susceptibilidad de la deterioración de las raíces procedentes de plantas sin podar no tuvo relación con las de las raíces de plantas que fueron podadas. El nivel de deterioro fisiológico en poscosecha se reduce con la poda de la parte aérea de las plantas a 14-21 días antes de la cosecha. El efecto de la poda se ha estudiado en raíces adheridas al tallo y en raíces desprendidas al momento de la cosecha; a medida que aumenta el tiempo transcurrido entre la poda y la cosecha, el deterioro fisiológico disminuye en ambos casos. Cuando el período entre la poda y la cosecha es de 1-2 semanas, las raíces adheridas al tallo se deterioran menos que las raíces sueltas; y cuando el período es de tres semanas las raíces almacenadas, en una u otra forma, son resistentes al deterioro. Los rebrotes en los tallos después de la poda no afectan su efecto en la disminución del deterioro; plantas cosechadas después de cinco meses de realizada la poda presentan resistencia al deterioro. Sin embargo, las podas y rebrotes sucesivos reducen el contenido de almidón y afectan la textura y calidad culinaria de las raíces (Aristizábal y Sánchez, 2007). La poda de las plantas antes de la cosecha mejora la resistencia a la deterioración fisiológica pero afecta adversamente la calidad de las raíces. Se requiere, por lo tanto, más estudios para determinar las condiciones adecuadas para mantener la calidad de las raíces.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Material vegetal

El trabajo se realizó en 511 accesiones de la colección cubana de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), que se conserva en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en Santo Domingo, Villa Clara, a 45,35 msnm latitud $22^{\circ} 35'$ Norte y longitud $80^{\circ} 18'$ Oeste, con precipitación media anual de 1347,0 mm, con una temperatura máxima media anual de $30,8^{\circ}\text{C}$ y una mínima de $18,9^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de 80%. La colección se plantó en diciembre de 2006 sobre un suelo Pardo sialítico con carbonato (Hernández 1995), en parcelas de 20 plantas ubicadas a una distancia de 0,90 x 0,30 m. La evaluación de deterioro fisiológico de las raíces en el campo en el momento de la cosecha a los doce meses de la plantación. La determinación del contenido de materia seca (%) se realizó en el laboratorio de agroquímica perteneciente al INIVIT a través del método gravimétrico.

III.2. Evaluación del deterioro fisiológico postcosecha (DFP) en las raíces de yuca

Se evaluó el deterioro fisiológico en muestras de diez raíces de yuca de cada accesión, basado en el método desarrollado originalmente por Wheatley *et al.*, (1985b) con modificaciones. Para ello, se extrajeron de la tierra y se seleccionaron las raíces sanas; a dos plantas de cada accesión se le eliminó el tallo dejando solo el tocón y a otras dos se le separaron las raíces manualmente, en ambos casos dichas raíces se dejaron en el campo, o sea, donde mismo fueron cosechadas expuestas al aire, el sol y la lluvia. Posteriormente, se le realizaron evaluaciones diarias a estas raíces (con tocón y sin tocón) a partir del segundo día, realizando cortes transversales con un cuchillo en una de ellas cada vez, hasta observar la aparición de la coloración azulosa como indicativos de su deterioro. En cada caso se anotó el tiempo que demoró cada accesión (con tocón y sin tocón) en mostrar la presencia de las líneas de color azul.

El diseño utilizado fue completamente al azar, considerando cada raíz como una repetición.

III. 3. Determinación del contenido de materia seca (%)

Para la determinación del contenido de materia seca (%), a través del método gravimétrico, durante la cosecha se recogieron en el campo las muestras de raíces sanas de cada accesión. Posteriormente, esas muestras se llevaron al

laboratorio se lavaron, pelaron y finalmente se fraccionaron en pequeños trozos para facilitar el proceso de secado; se pesaron 200 g de muestra de cada accesión; se echaron en sobres de papel previamente identificados.

Los datos de contenido de materia seca, fueron obtenidos a partir de muestras de yuca fresca colocadas en una estufa (marca sustjeska, procedente de Yugoslavia) a 65° C por 72 horas.

El contenido de materia seca se determinó mediante la fórmula desarrollada por Brainbred *et al.* (1996):

$$MS (\%) = \frac{Pms}{Pmh} \times 100$$

Donde, MS (%) es el porcentaje del contenido de materia seca; **Pms** el peso de muestra seca en gramos; **Pmh** el peso de la muestra fresca en gramos.

III. 4. Procesamiento estadístico de los datos

Se aplicaron los criterios de Estadística Descriptiva para obtener las Tablas de Distribución de Frecuencia, histogramas y gráficos de barra con los cuales exponer los resultados.

Dentro de la estadística inferencial se utilizó el análisis de correlación lineal simple para detectar la posible relación entre las variables objeto de estudio; y mediante un análisis de frecuencias observadas según Chi-cuadrado, se detectaron las diferencias estadísticas para la variable deterioro fisiológico con tocón y sin tocón. Para el procesamiento estadístico se utilizó el programa SPSS 15 para Windows. Se realizó un Análisis de Conglomerados para agrupar las accesiones y definir el número de agrupamientos con el que se obtiene el mayor porcentaje de clasificación y la formación de clases para la agrupación de los cultivares, así como la detección de la variable más influyente en la muestra.

.Luego de definido el número de grupos bien clasificados se construyó un árbol o diagrama de clasificación haciendo uso de las facilidades del método CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detection). En este análisis se incluyen las variables que definen las particiones o nodos y permite definir una correcta clasificación de los grupos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1 Evaluación del deterioro fisiológico postcosecha (DFP) en raíces de yuca

En la Figura 1 se presentan los valores de la media (días) del deterioro fisiológico con las dos variantes, con tocón y sin tocón de todos los individuos involucrados en la evaluación. En esta figura, se puede observar una diferencia numérica entre las variantes. La media más alta correspondió a la variante con tocón (20,79 días) y mayor duración en cuanto a días para deteriorarse (aproximadamente más de 20 días), no obstante la variante sin tocón a pesar que se demuestra que duró menos para el deterioro presenta un valor promedio de muy buena duración (> 17 días). Sin embargo, un trabajo de Booth (1976) demostró que el tiempo que podía estar la yuca en el campo se prevé entre los cuatro a siete días para su descomposición. Mientras Wheatley (1982) afirmó que solo podía durar hasta días en almacenamiento y solo dos sin un almacenamiento. Estudios realizados por Masa (1999) en clones de yuca mostraron resultados impresionantes aunque su promedio de días de duración sin tocón fue de 5 a 6 días en el campo sin deteriorarse y con tocón de 10 a 12 días. Lozano *et al.* (1978) ya habían observado en muchos mercados locales de Colombia que las raíces de yuca se vendían adheridas al tallo y los vendedores afirmaron que se deterioraban más lentamente bajo estas condiciones, que desprendidas del tallo. Masa (1999) plantea que los mejores resultados se logran conservando las raíces con tocón. Sin embargo, tradicionalmente, en Cuba la yuca a sido cosechada y llevada al mercado sin tocón dado por las dificultades que presencia del mismo ocasionan en la transportación. Los resultados obtenidos de este trabajo indican que la presencia del tocón en la cosecha y un tiempo (días) considerable después de la misma, en dependencia del clon, es un aspecto importante que permite extender el tiempo entre la cosecha y el momento del consumo sin que se deterioren fisiológicamente las raíces en más de 20 días como promedio (Figura 1) en la mayoría de los clones (Figura 2).

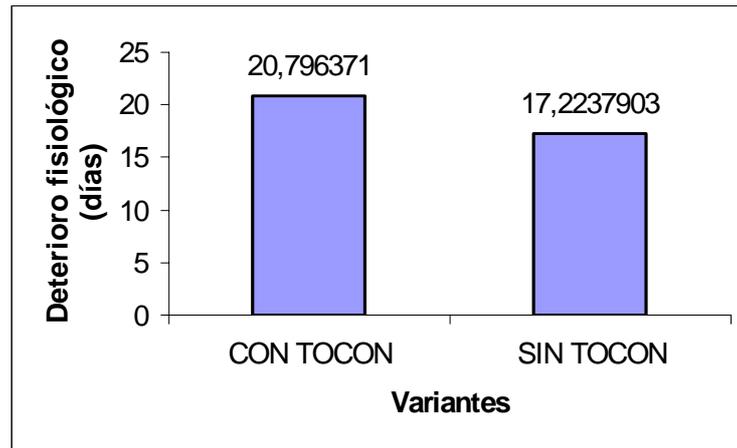
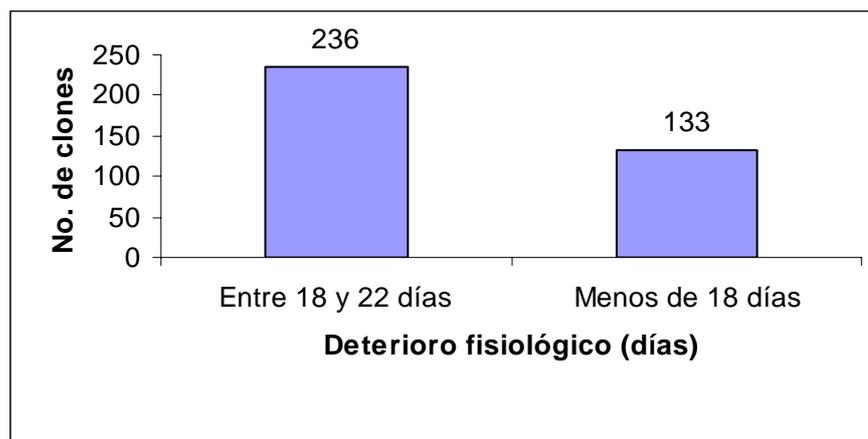


FIGURA 1. Análisis de la media del deterioro fisiológico (días) en las raíces de yuca evaluadas con tocón y sin tocón

En la Figura 2 se observan diferencias estadísticas ($p < 0,01$) en la variante "Con tocón" entre las frecuencias observadas en los intervalos de 18-20 días (236 clones) y < 18 días (133 clones). Este resultado concuerda con lo obtenido por otros autores (Cortés *et al*, 2002; Masa, 1999, Reilly *et al*, 2003) donde el tiempo de duración para el DFP fue muy variable y los genotipos se comportaron de forma muy distinta con relación al tiempo de duración sin deterioro en el campo. Según estos autores la yuca debe ser consumida o procesada no más de 7 días, dada la corta vida de sus raíces luego de ser cosechada.



$$X^2 = 43.98^{**}$$

FIGURA 2. Deterioro fisiológico (días) evaluado en las raíces de 511 accesiones de la colección cubana de germoplasma de yuca utilizando la variante con tocón.

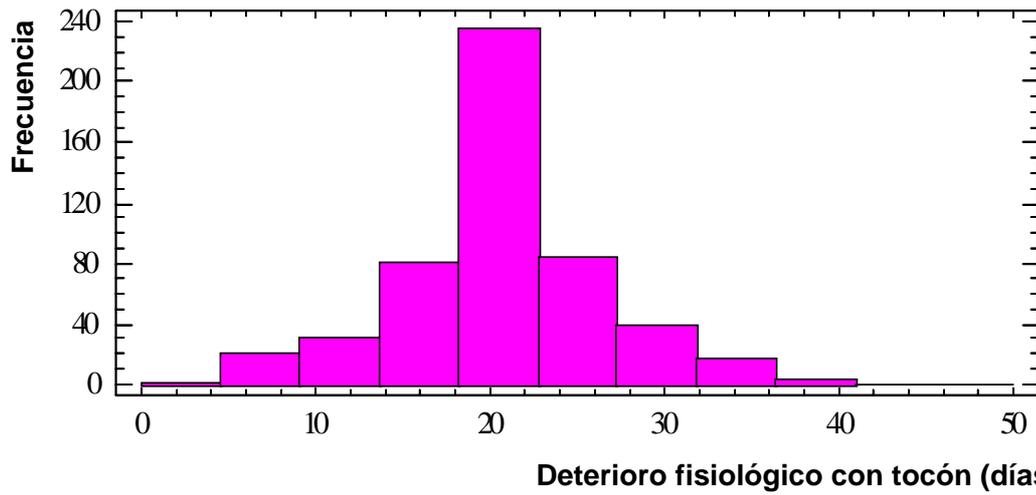


FIGURA 3. Histograma de frecuencias observadas para la variable Deterioro fisiológico (variante "Con tocón")

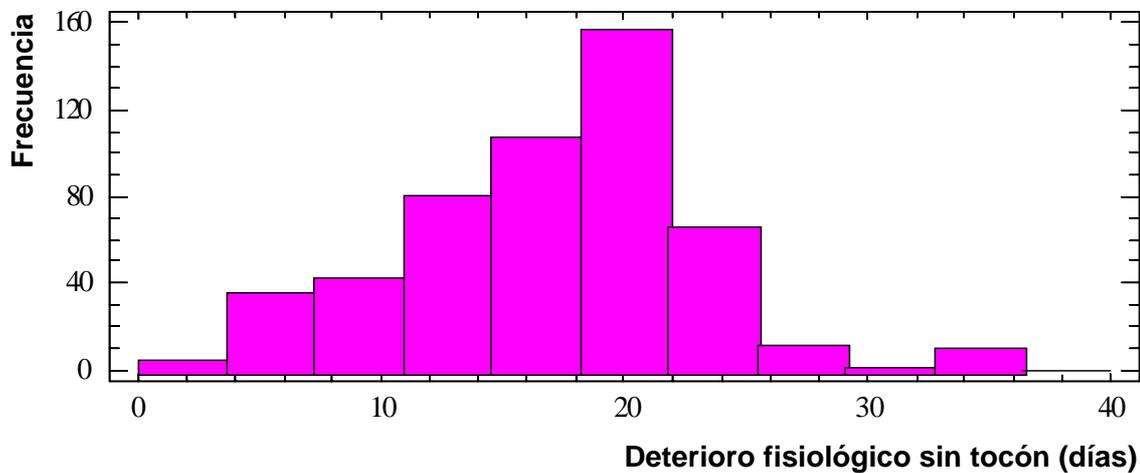


FIGURA 4 Histograma de frecuencias observadas para la variable Deterioro fisiológico (variante 'Sin tocón').

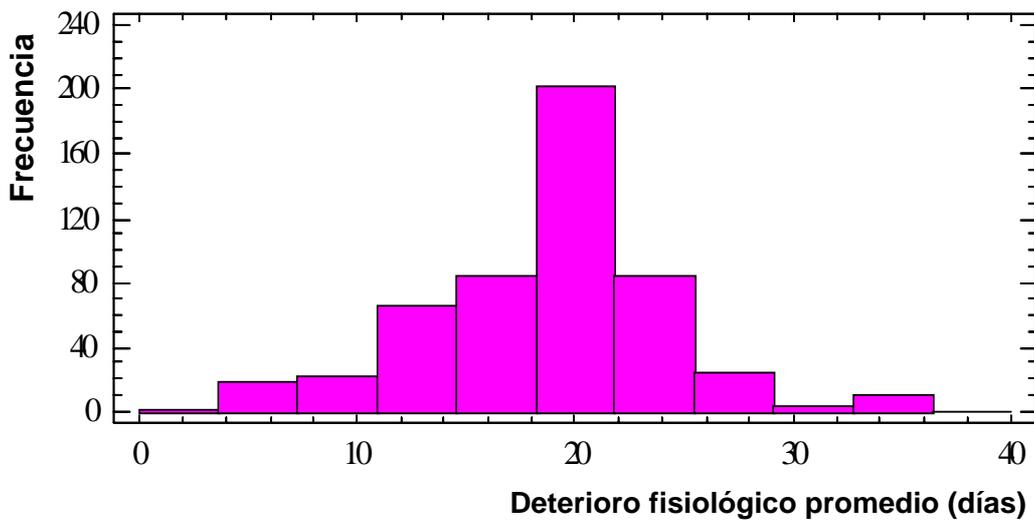


FIGURA 5 Histograma de frecuencias observadas para la variable deterioro fisiológico (promedio).

Como se observa en las Figuras 3, 4 y 5, el comportamiento de la variable deterioro fisiológico fue, en sentido general, de 20 días para la mayoría de los clones evaluados. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por diferentes autores (Pereira 1977; CIAT, 1976) quienes encontraron durabilidad de las raíces 7 días después de cosechadas han mostrado igualmente un amplio rango de valores para el deterioro fisiológico (**DFP**).

IV. 2 Determinación del contenido de materia seca (%)

La pérdida en peso durante el período de calentamiento es considerado igual al contenido de materia seca (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Como podemos observar en este histograma de frecuencia, el promedio de materia seca de los clones de la colección osciló entre 24-49,0%. Resultados similares obtuvieron Aristizábal y Sánchez (2007) quienes afirman que la yuca cuando es cosechada a los 12 meses puede alcanzar valores de materia seca entre 30 y 45 %. Sólo una pequeña muestra de clones no concuerda con estos estudios encontrándose por debajo (< 30%) o sobrepasa los valores mencionados (> 45%). Se puede observar que la mayoría de los individuos se encuentra entre 37 y 44%, mientras que la menor cantidad de individuos está entre 24 y 32 % y entre 45 y 49%.

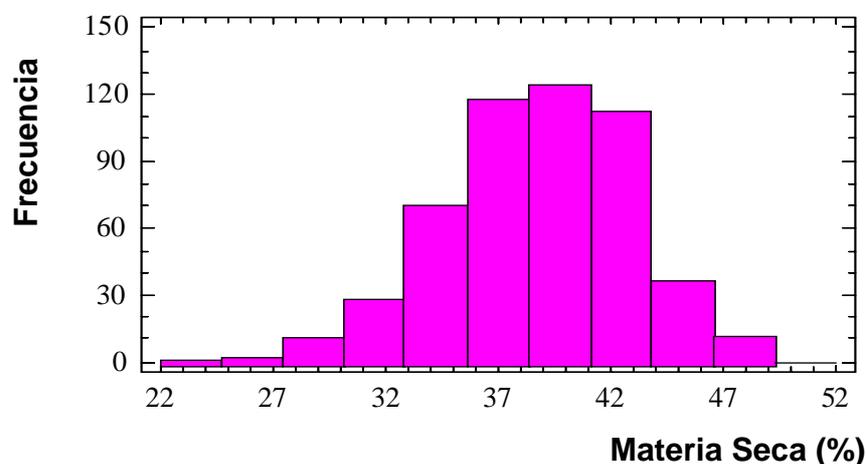


FIGURA 6. Resultados obtenidos en el análisis de las frecuencias observadas para la variable Materia seca (%).

De manera general, los resultados obtenidos en este trabajo indican que en la colección cubana de germoplasma de yuca más del 50% de las accesiones presentan valores de Materia seca (%) superiores al 30%, incluso hay muchas de

ellas que superan el 40%, lo que indica la presencia de genes importantes a tener en cuenta en el mejoramiento genético de la yuca para este carácter.

TABLA . Resultados obtenidos en la tabla de distribución de frecuencia para la variable Materia seca (%).

Frequency Tabulation for Col_2

Class	Lower Limit	Upper Limit	Midpoint	Frequency	Relative Frequency	Cumulative Frequency	Cum. Rel. Frequency
at or below		22,0		0	0,0000	0	0,0000
1	22,0	24,7273	23,3636	1	0,0019	1	0,0019
2	24,7273	27,4545	26,0909	2	0,0039	3	0,0058
3	27,4545	30,1818	28,8182	10	0,0195	13	0,0253
4	30,1818	32,9091	31,5455	28	0,0545	41	0,0798
5	32,9091	35,6364	34,2727	70	0,1362	111	0,2160
6	35,6364	38,3636	37,0	118	0,2296	229	0,4455
7	38,3636	41,0909	39,7273	124	0,2412	353	0,6868
8	41,0909	43,8182	42,4545	112	0,2179	465	0,9047
9	43,8182	46,5455	45,1818	37	0,0720	502	0,9767
10	46,5455	49,2727	47,9091	12	0,0233	514	1,0000
11	49,2727	52,0	50,6364	0	0,0000	514	1,0000
above	52,0			0	0,0000	514	1,0000

Mean = 38,7811 Standard deviation = 4,1399

IV. 3. Relación entre el contenido de materia seca (%) y el deterioro fisiológico.

IV. 3. 1. Análisis de correlación.

El resultado del análisis de correlación efectuado arrojó un coeficiente de correlación de $r = -0,06$, lo que indica que, independientemente de no mostrar relación entre las variables porcentaje de materia seca y deterioro fisiológico, sí se observa una tendencia a disminuir la variable dependiente (deterioro fisiológico) con un incremento de la independiente (materia seca), dado por el signo negativo del coeficiente.

En general, el promedio de Materia seca de los clones de la colección osciló 24,97 y 49,0%. En estudios con germoplasma del CIAT se ha encontrado una correlación positiva entre el contenido de materia seca de las raíces y el grado de deterioro fisiológico poscosecha (CIAT, 1977; Sánchez *et al*, 2005), lo cual dificulta el mejoramiento genético simultáneo de ambas características.

El deterioro fisiológico necesita oxígeno para su desarrollo e involucra reacciones enzimáticas. Algunos estudios, reportan que el deterioro fisiológico primario está positivamente asociado con alto contenido de materia seca e inversamente con carotenoides, esta última, por la acción de antioxidantes no-enzimáticos como el B-caroteno y el ácido ascórbico (Iglesias *et al*, 1996 y Sánchez *et al*, 2005).

El mejoramiento de yuca ha sido exitoso para muchas características, incluyendo la resistencia al Virus del Mosaico Africano de la yuca (ACMV). Sin embargo no se cuenta con fuentes de resistencia al deterioro fisiológico primario (Jenning y Iglesias, 2002).

IV. 3. 2. Análisis factorial discriminante

El análisis factorial discriminante realizado permitió confirmar que la clasificación en dos grupos muestran los mayores porcentajes de accesiones bien clasificadas (Tabla 1) en comparación con tres y cuatro grupos.

Tabla 1- Análisis factorial Discriminante para clasificar en dos, tres y cuatro grupos de accesiones de la colección cubana de yuca.

	2 grupos	3 grupos	4 grupos
Casos originales bien clasificados	94,9%	81,4%	90,4%
Casos correctos clasificados por validación cruzada	94,7%	81,2%	90,2%

La clasificación en dos grupos presenta un riesgo de error de 0,8% para los casos originales (Tabla 2) y un 1,0% en la validación cruzada, lo que significa que en dos grupos se puede obtener un 96% de clasificación correcta (Tabla 3).

A continuación les presentamos varias tablas que respaldan esta afirmación (Ver tablas siguientes).

Tabla 2. Riesgo de error para la clasificación en dos grupos

Method	Estimate	Std. Error
Resubstitution	0.03846154	0.00865233
Cross-Validation	0.05870445	0.01057633

Tabla 3. Clasificación

Observed	Predicted		Percent Correct
	1	2	
1	59	17	77.63157895
2	2	416	99.5215311
Overall Percentage	12.3481781	87.6518219	96.15384615

El Análisis factorial discriminante para dos grupos (Tabla 4) muestra un 98,68% de accesiones bien clasificadas en el grupo 1 y un 94,26% correctamente clasificado en el grupo 2 lo que representa un 94,9% de casos originales bien clasificados de manera general. La validación cruzada indica valores similares para la clasificación en dos grupos y señala un porcentaje general de casos bien clasificados de 94,7%.

Tabla 4. Análisis de discriminante en dos grupos

		Grupos de clones de interés	Predicted Group		total
			Membership 1	Membership 2	
Original	Count	1	75	1	76
		2	24	394	418
	%	1	98,68421053	1,31578947	100
		2	5,741626794	94,2583732	100
Cross-validated	Count	1	75	1	76
		2	25	393	418
	%	1	98,68421053	1,31578947	100
		2	5,980861244	94,0191388	100

a Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the function from all cases other than that case.

b 94, 9% original grouped cases correctly classified.

c 94, 7% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Los resultados anteriores indican que el análisis de clasificación empleando el método CHAID debe realizarse para dos grupos o clases (Figura 1). Este análisis muestra que de las variables empleadas, el deterioro fisiológico con tocón es el que

manifiesta mayor incidencia en la clasificación ya que el árbol o diagrama muestra una división en tres nodos que indican en cada uno de ellos, las accesiones que demoran menos o igual a 16 días en deteriorarse, las que demoran entre 16 y 20 días y las que necesitan más de 20 días para deteriorarse.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que no hay razones suficientes estadísticamente significativas para afirmar que el contenido de materia seca está asociado con el mayor tiempo para el deterioro lo que no muestra correspondencia con resultados obtenidos por Aristizábal y Sánchez (2007) quienes señalan que existe una correlación positiva entre el contenido de materia seca de las raíces y el grado de deterioro fisiológico.

La clasificación en dos grupos muestra la mayoría de los individuos en el grupo 2 (418 accesiones). De acuerdo con Montalvo (1973) y Booth (1976), el grado de DFP es variable, no sólo entre cultivares sino también dentro de un mismo cultivar, es decir, algunas raíces se pueden deteriorar más rápidamente que otras. Por otro lado, Wheatley *et al* (1985) mencionan que mientras los factores genéticos no sean los únicos que determinen el tiempo que deba durar las raíces en el campo después de cosechadas, es difícil expresar el tiempo absoluto de susceptibilidad.

También en este diagrama se puede observar que no hay una influencia significativa de la materia seca con respecto al deterioro fisiológico en las raíces de los clones los cuales se encuentran reunidos en dos grupos de interés; en el nodo 1, el cual presenta individuos, de los grupos uno y dos, con mayor participación para el uno con 66 individuos, poseen un **DFP** con tocón igual o menor a 16 días. Las accesiones que se deterioran antes de los 16 días (66 accesiones del grupo uno y 29 del grupo 2) presentan un contenido de materia seca por debajo del 40% (34 menos del 37,6% y 61, entre 37,6 y 40%), mientras que los que se demoran entre 16 y 20 días para deteriorarse fisiológicamente (8 del grupo 1 y 67 del grupo 2) presentan mayormente valores entre 40 y 42% de materia seca (44 accesiones $\leq 40\%$ y 31 entre 40 y 42,7%) y existe un grupo de 324 accesiones (2 del grupo 1 y 322 del grupo 2) que demoran más de 20 días en deteriorarse y que además presentan un contenido de materia seca superior al 42,7% (266 accesiones $\leq 42,7\%$ y 58 $> 42,7\%$).

En el grupo 1 se ubicaron dos accesiones: Señora Lugo y África negra cuyos valores de materia seca (M.S%) y DFP (días) son los siguientes:

Clon	M.S%	DFP (días)
Señora Lugo	44,73	21
África negra	42,95	33

Existen además 322 accesiones en el grupo 2 que también presentan valores de materia seca (%) superior o igual a 42,7% y que demoran más de 20 días para deteriorarse fisiológicamente después de cosechadas y mantenidas con el tocón en el campo. Estos resultados confirman; planteamientos de Aristizábal y Sánchez (2007) quienes indican valores de materia seca entre 30 y 45% cuando la yuca es cosechada a los 12 meses de plantada.

De las 76 accesiones pertenecientes al grupo 1 la mayoría (66) se deterioran fisiológicamente más rápidamente que las del grupo 2 (≤ 16 días) y presentan los valores más bajos de materia seca ($>37,6\%$).

De manera general, en el diagrama se puede observar también que la variable **DFP** sin tocón no tuvo participación en la clasificación de las accesiones o fue menor en comparación con la variante con tocón. (Figura 2)

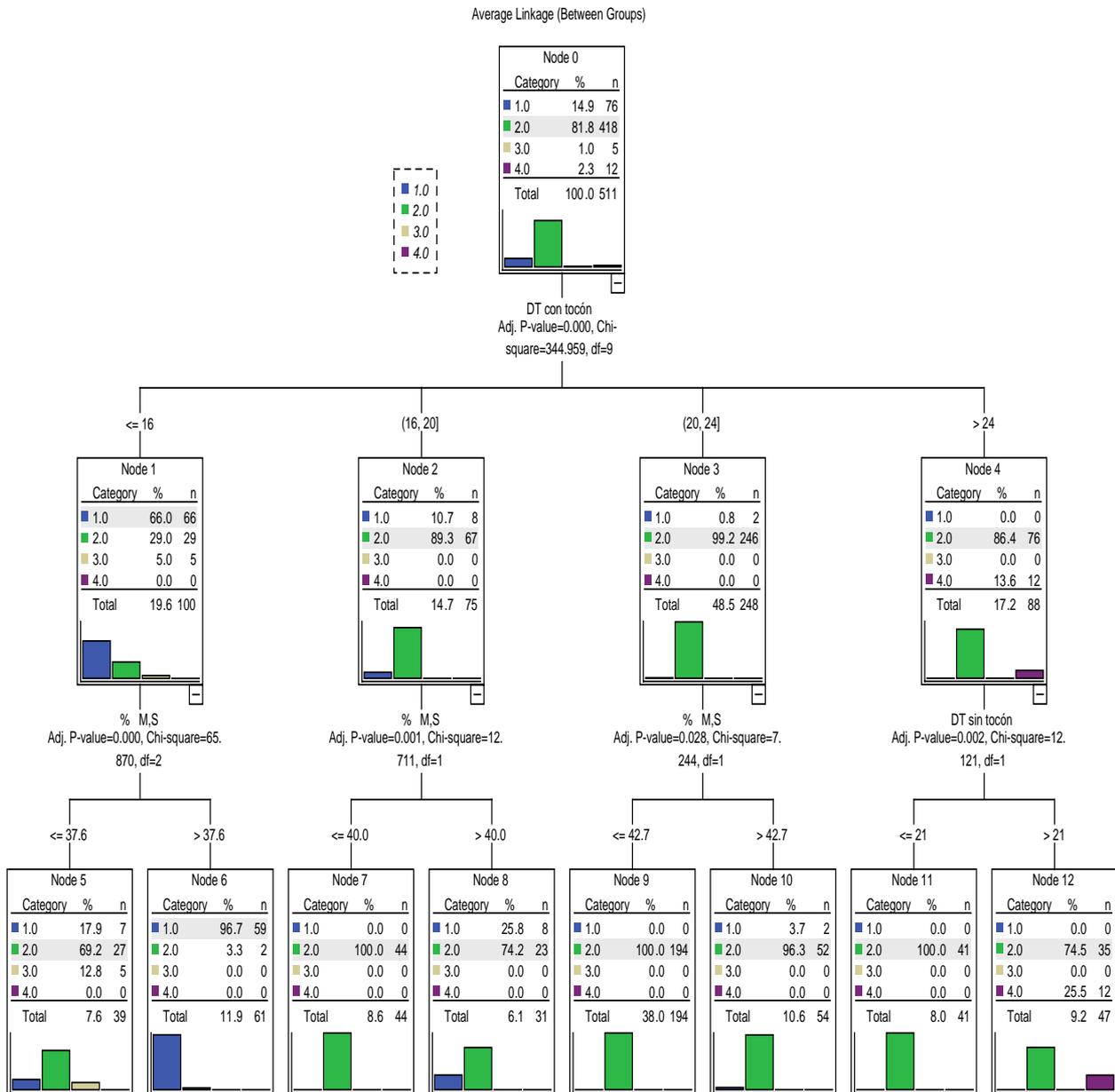


Figura 2. Árbol de Clasificación de 511 clones de la colección cubana de germoplasma de yuca obtenido por el método de CHAID (se observa la pobre participación de la variante DFP sin tocón).

Risk		
Method	Estimate	Std. Error
Resubstitution	0.0704501	0.011320529
Cross-Validation	0.0704501	0.011320529

Growing Method: CHAID

Dependent Variable: Average Linkage (Between Groups)

Classification					
Observed	Predicted				
	1	2	3	4	Percent Correct
1	59	17	0	0	77.6315789
2	2	416	0	0	99.5215311
3	0	5	0	0	0
4	0	12	0	0	0
Overall Percentage	11.9373777	88.06262231	0	0	92.9549902

Growing Method: CHAID

Dependent Variable: Average Linkage (Between Groups)

V. CONCLUSIONES

- ❖ El tiempo que demoran la mayoría de las accesiones de la colección de yuca en deteriorarse fisiológicamente supera los 20 días.
- ❖ Existen en la colección cubana de yuca estudiada potencial genético de un alto contenido de materia seca (> 30%).
- ❖ No existe correlación entre el contenido de materia seca (%) y el deterioro fisiológico (días) en las 511 accesiones de yuca evaluadas, aunque si se observa una tendencia a aumentar los días sin deteriorarse cuando disminuye el contenido de materia seca (%), lo que facilita el mejoramiento de ambos caracteres simultáneamente.
- ❖ Los clones cosechados y evaluados con el tocón demoran más en deteriorarse ($\bar{x}=20,79$ días) que sin tocón ($\bar{x}=17,22$ días).
- ❖ Existen (Señora Lugo y África negra) accesiones que tienen un alto contenido de materia seca (>42%) y que además, demoran más de 20 días en deteriorarse fisiológicamente después de ser cosechadas.

VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se recomienda

- ❖ Realizar un análisis de factibilidad genética para el posible uso de la variante con tocón en la cosecha de la yuca y la transportación de las raíces al mercado.
- ❖ Utilizar genotipos con alto contenido de materia seca (%) y con mayor tiempo para el deterioro (días) en el programa de mejoramiento genético del cultivar evaluando otros parámetros de rendimiento y calidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ALAGOA, E.J.** 1970. "Long-Distance trade and state in the Niger Delta". En: Journal of African History, 11 (3).
- **ALLEN, C. A.** 1994. The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Ge Res Crop Evol 41: 133 – 150 p.
- **ARISTIZÁBAL, J., SÁNCHEZ T.** 2007. Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, n^o 163. FAO, Italia, Roma.134 p.
- **ARISTIZÁBAL, J., SÁNCHEZ T.** 2007. Post-harvest durability of fresh roots of cassava varieties in Fffland storage of roots in moist sawdust. Italia, Roma. 95-101 p.
- **AVERRE, C.W.** 1967. Vascular Spreading of Stored Cassava Roots. Proceedings of the First International Symposium on Tropical Roots and Tuber Crops, Trinidad, 1967. 1 (4):31-51 p.
- **BAHUCHET, S.** 1989. "A historical background of cultivated plant in Central Afrique". En: Hladik, C. M.; Bahuchet, S.; De Garine, I. Food and Nutrition in the African rain forest. Paris: UNESCO/MAB.
- **BAHUCHET, S.** 1990. Contribution de L'etnolinguistique á l'histoire des populations frontières d'Afrique Centrale. Paris: Thèse d'Etat. Université de Paris V.
- **BARBOT, J.** 1746. Description of North and South Guinea. London: Henry Lintot and John Osborke.
- **BOOTH, R.H.** 1976. Almacenamiento de raíces de yucca. Causas del deterioro que presenta después de la cosecha de raíces frescas. Serie ES 16. CIAT, Cali, Colombia. 37 p.
- **CARRIZALES, V.** 1984. El Casabe: un legado aborigen. San Felipe: CIEPE. 34 p.
- **CARTAY, R.; G. GHERSI.** 1996. El escenario mundial agroalimentario. Caracas: Universidad de Los Andes- Fundación Polar.
- **CEBALLOS, H. Y DE LA CRUZ, A.** 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio. Sistemas

- modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, p. 28. CIAT. Cali, Colombia. 586 p.
- **CEÑOZ, J.; LÓPEZ, A.; BURGOS, A.** 2001. Factores ambientales que regulan el deterioro poscosecha en mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. Sargento Cabral 2131 – (3400) Corrientes – Argentina. Consultado [12/2/08]. Disponible <<http://www1.unne.edu.ar/cyt/2001/5-Agrarias/A-011.pdf>>
 - **CIAT.** 1976. Anual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 36 p.
 - **CIAT.** 1977. Anual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 23 p.
 - **CIAT.** 2001. Liberación de germoplasma de yuca en América Latina, el Caribe y Asia. Consultado [12/2/08]. Disponible <<http://www.ciat.cgiar.org/yuca/variedades.htm>>
 - **CIAT/TDRI.** 1984. Reducen el Deterioro Poscosecha de la Yuca. CIAT Internacional, Reseña de Investigación y Cooperación Internacional. Vol.3, No.1. 11 p.
 - **CIFERRI, R.** 1938. Saggio de classificazioni dell'erazze de manioca (*Manihot esculenta* Crantz). Frenze, Italia. Instituto Agricolo Italiano. 58 p.
 - **COCK, J.** 1984. Manejo de la yuca después de la cosecha. Yuca boletín informativo. Vol.8, No. 2. 16 p.
 - **COCK, J.** 1985. Cassava: New Potencial for a Neglected Crop, West view Press, Boulder, CO. Colombia. 35 p.
 - **COCK, J.** 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. Colombia. 240 p.
 - **COOK, R.; COURSEY, D.** 1981. Cassava: A Major Cyanide-containing food crop in cyanide in biology. London: Academic Press. 22 p.
 - **CORTÉS, D.; REILLY, K.; BEECHING, J.; TOHME, J.** 2002. Mapping genes implicated in post-harvest physiological deterioration in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Euphyta 128: 47-53 p.

- **CZYHRICIW, N. AND W. JAFFE.** 1951. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tubérculos. Archivos Venezolanos de Nutrición. 2: 49-67 p.
- **DA MATTA, R.** 1988. "Notas sobre el simbolismo de la comida en Brasil". En: América Indígena, Vol. XLVIII (3).
- **EDOUMBA, P.** 1996. "Les produits du manioc dans le commerce du fleuve Congo". En: M-C. Bataille-Benguigui; Cousin. F., Cuisine. Reflets des Sociétés. Paris: Editions Sépia-Musée de L'Homme. 78 p.
- **ESTEVAO, C.** 2007. Evaluación del deterioro fisiológico poscosecha y mapeo preliminar de QTLs en el primer retrocruzamiento derivado del híbrido Inter.-específico (CW429-1) entre *Manihot esculenta* Crantz y la especie silvestre *Manihot walkerae* Croizat. Palmira. Colombia. 86 p.
- **FAO. 2002** Nueva estrategia para la yuca. Agricultura 21. Roma. Italia. Consultado [11/2/08]. Disponible <
<http://www.fao.org/AG/esp/revista/0006sp1.htm>>
- **FAO/FIDA.** 2000. La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. Roma. Italia. 59 p.
- **FLORES, F.; PEDROSO, R.; CHACÓN, A.** 2004. Lista original de plantas. UCLV, Villa Clara. Cuba. 10 p.
- **GÓMEZ, R.** 1997. El poder medicinal de las plantas. Miami: Asociación Publicadora Interamericana. 56 p.
- **HALL, R. L.** 1991. "Sabores de África en el Nuevo Mundo". En: H. J. Viola; C. Margulis. Semillas de Cambio. Washington, D.C.: Institute Smithsonian.
- **HERNÁNDEZ** 1999. nueva versión de la II Clasificación Genética de los suelos de Cuba.
- **IGLESIAS, C.; BEDOYA, J.; MORANTE, N.; Calle, F.** 1996. Genetic diversity for physiological deterioration in cassava roots. In : G.T. Kurup, M.S. Palaniswami, V.P. Potty, G. Padmaja, S. Kabeerathumma and S.V. Pillai (Eds) Tropical Tuber Crops: Problems, Prospects and Future Strategies, Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi. 73-81 p.

- **JENNINGS, D. ; IGLESIAS, C.** 2002. Breeding for crop improvement. *In:* R.J. Hillcocks, J. M. Thres and A. Bellotti (Eds.), *Cassava: Biology, Production and Utilization*, CABI, Wallingford, Uk. 149-166 p.
- **JONES, W. E.** 1959. *Manioc in África*. California: Stanford University Press.
- **KAWANO, K.** 2003. Thirty year of cassava breeding for productivity – Biological and social factors for success. *Crop Science*, 43(4), 1325-1335 p.
- **KAWANO, K., NARINTARAPON, K.; NARINTARAPORN, P.; SARAKARN, S.; LIMSILA, A., LIMSILA, J.; SUPARHAN, D., WATANANONTA, W.** (1998). Yield improvement in a multistage breeding program for cassava. *Crop Sci* 38:325-332 p.
- **LEÓN, J.** 1968. *Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales*. San José de Costa Rica: IICA-OEA. 49 p.
- **LÓPEZ, M.** 1995. *RAÍCES Y TUBÉRCULOS*. Pueblo y Educación. Playa. Ciudad de La Habana. 312 p.
- **LOVERA, J. R.** 1998. *Historia de la Alimentación en Venezuela*. Caracas: C.E.G.A. 38 p.
- **LOZANO, J. C.; VOCK, J.; CASTAÑO, J.** 1978. New developementes in cassava storage. *In:* Brekelbaum, T.; A. Bellotti y J.C. Lozano (Ed) *Proceeding of the cassava protection workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November, 1977*. CIAT, Cali, Colombia, Series CE- 14. Pp. 135-142 p.
- **MARRIOT, J.; B. BEEN AND C. PERKINS.** 1978. The aetiology of vascular discolouration in cassava roots after harvesting: association with water loss from wounds. *Physiologia Plamtarum*. 44: 38 – 42 p.
- **MARRIOT, J.; R. PLUMBLEY AND J. E RICKARD.** 1980. Physiological aspects of the storage of cassava and other tropical root crops. *In:* Hurd, R.G.; P. Biscoe and C. Dennis (Ed.). *Opportunities for increasing crop yields*. Pitman, London. 363-375 p.
- **MASA, N.** 1999. *Post-Cosecha, conservación, mercado de raíces, tubérculos tropicales, plátanos y bananos*. 2 p.
- **MILIÁN, M.; SÁNCHEZ, I.; RODRÍGUEZ, S.; RAMÍREZ, T.; CABRERA, M.** 2000. *Caracterización, Evaluación y Conservación de la Colección Cubana*

- de Germoplasma de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz). 118-128 p. En: Carvalho, L.; A. M. Thro.; A. Duarte. Cassava Biotechnology. IV Internacional Scientific Meeting – CBN. 626 p.
- **MILIÁN, M; Y GIRADO; Y. BEOVIDES; A. RAYAS; D. GUERRA.** 2006. Conservación ex situ de la biodiversidad. CD XIX Encuentro de Botánica “Johannes Bisse in Memoriam. Artículo completo. ISBN 959 – 18 -0005-3
 - **MONTALDO, A.** 1973. Vascular streaking of cassava root tubers. Tropical Science. 15:39-46 p.
 - **NOON, R. A AND R. H. BOOTH.** 1977. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. Transactions of the British Mycological Society, Trinidad and Tobago. 76: 63-66 p.
 - **OLSEN, K; SCHAAL, B.** 2001. Microsatellite variation in cassava and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. American Journal of Botany 88 (1). 131-142 p.
 - **OSPINA, B Y CEBALLOS, H.** 2002. La yuca en el Tercer Milenio, Sistemas Modernos de Producción Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT. Cali. Colombia. 586 p.
 - **PEREIRA, J.F.** 1977. Fisiología de la yuca. Universidad del Oriente, Josépin, Monagas, Venezuela. 123 p.
 - **REILLY K.; GÓMEZ-VÁSQUEZ, R.; BUSCHMANN, H.; TOHME, J., BEECHING, J.R.** 2003. Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. Plant Molecular Biology 53:669-685 p.
 - **RENVOIZE, B.** 1972. “The Area of Origin of *Manihot esculenta* as a crop plant, a review of the evidence”. En: Economic Botany, New York, Vol. 26, N° 4.
 - **RICKARD, J.** 1984. El deterioro en las raíces de yuca cosechada. YUCA boletín informativo. Vol 8, No. 2. 16 p.
 - **RODRÍGUEZ, S.; M, GARCÍA.; M, FOLGUERAS.; V, MEDERO.; A, MORALES.; D, GONZÁLEZ.; A, RAYAS.** 2004. Instructivo técnico del cultivo de la yuca. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo. Villa Clara. Cuba. 10 p.

- **ROUSSE, I.; J. M. Cruzent.** 1963. Venezuelan Archeology. New York: Yale University Press.
- **SÁNCHEZ, T.; CHÁVEZ, A. L. ; CEBALLOS, H. ; RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B.; NESTEL, O.; ISHITANI.** 2005. Reduction or delay of post-harvest physiological deterioration in cassava roots with higher carotenoid content. *J, Sci. Food Agric.* 86: 634-639 p.
- **SANOJA, M.** 1981. Los Hombres de la yuca y el maíz. Caracas: Monte Ávila Editores. 30-61 p.
- **SANOJA, M.** 1982. De la Recolección a la Agricultura. Historia General de América. Caracas: Italgráfica. Tomo III.
- **SCHNEE, L.** 1973. Plantas comunes de Venezuela. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 45 p.
- **SILVESTRE, P.; ARRAUDEAU, M.** 1983. Le Manioc. Paris: ACCT-Maissonneuve et Larose. 22 p.
- **SIMMONDS, N. W.** 1976. Evolution of crop plantain. London: Longman. 25 p.
- **WHEATLEY, C.** 1982. Studies on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots post-harvest physiological deterioration. PhD. Thesis, University of London. 246 p.
- **WHEATLEY, C.; LOZANO, C.; GÓMEZ, G.** 1985. Post-harvest deterioration of cassava roots, In: J.H. Cock & J.A. Reyes (Eds), Cassava: Research, Production and Utilization. UNDP-CIAT, Cali. 655-671 p.
- **WHISTLER, W. A.** 1984. "Annotated List of Samoan Plants Names". En: *Economic Botany*, 38 (4).
- **ZUKOVSKIJ, P. V.** 1950. Cultivated Plants and their Wild Relatives. Moscow: Commonwealth Agricultural Bureaux. 60-65 p.